

指数表現を用いた閉リンク機構を含むツリータイプシステムのダイナミクスの導出

60200040 川口直人

発表日 2019 年 5 月 30 日

1 先生質問

1.1 (松井先生) Exponential coordinates による工学的なメリットとはなにか

Exponential coordinates では、関節の駆動方向および、初期位置をパラメータとして設定します。一方で、従来研究で利用されている DH パラメータでは、それぞれの関節に座標系が設定され、 k 番目と $k-1$ 番目の座標系との関係を用いてパラメータを設定します。よって、DH パラメータは直感的に設定することはできないと言えるため、Exponential coordinates はパラメータの設定の容易さという点でメリットがあると言えます。

1.2 (小川原先生) シミュレーションにおいて、拘束が上手くいっていること、位置の制御が上手くいっていること以外にシミュレーションが問題ないといえる要素はなにか

理論に基づいて運動方程式および拘束条件を求めており、シミュレーションにおいて位置の目標値までの推移、および拘束条件が成立していることを数値的に確認しています。よって拘束と位置の制御ができていることが確認とれば十分に問題ないと言えます。

1.3 (中村先生) シミュレーションで、リンク同士がぶつかる様な動作があるが問題ないのか

今回は、導出ダイナミクスが間違いないかをチェックするための数学モデルのシミュレーションとなっているため、リンクの衝突は考慮しておりません。今後は衝突を考慮した場合も検証を行う必要があると考えています。

2 学生質問

2.1 Exponential coordinates を用いた場合の計算コストは考えられているのか

直交座標系で計算する場合における、回転行列 (\sin や \cos で構成) と Exponential coordinates における同次変換行列とではプログラムの計算負荷にあまり差はないように思えるため、従来の計算コストとほとんど変わりはないと考えています。計算コストをほとんど変えずに、数式の形を簡単に表現することができ、かつ制御に対応させることも容易にできるので Exponential coordinates を利用するとしました。

2.2 実用例として例えばどんなものがあるのか

6 つのアクチュエータで 1 つの平面を支え、平面の位置と傾きを制御するロボットである、スチュワートプラットフォームというものがあり、これは閉リンク機構の最も有名な代表例の 1 つとなっています。この機構によって、例えば内視鏡に先端にあるカメラの位置・姿勢の動くことができる範囲を大幅に増やすことができる等の応用研究が存在します。

2.3 シミュレーションのモデルの選定理由

特にこれといった理由はありませんが、閉リンク構造を持っており、さらに多リンクと言える程度である今回のモデルを選定しました。今後は実在する構造も扱っていこうと考えています。

2.4 どのようなシミュレーションなのか

今回のシミュレーションにおいて、対象システムは閉リンクを2つ含む、17関節17リンクで構成されています。また、今回行ったのはワークスペース制御であり、制御変数として設定した関節の位置・姿勢の目標値へと収束させるシミュレーションとなっています。

2.5 2箇所仮想切断していたがシミュレーションでいけるのか

はい、問題ありません。拘束条件式によって、シミュレーションの結果にも示す通り2箇所の切断部分の拘束ができています。

2.6 実際に存在する機構を対象とする予定はあるのか

はい。まずは簡単な機構のシミュレーションが上手く作動することを確認した後、実在する機構もシミュレーション対象に入れる予定です。

2.7 2018年の関連研究との差がわからなかった

2018年の関連研究と私の(卒業)研究では、閉リンク機構を含んだシステムのダイナミクスが導出できるのか否かという大きな違いがあります。

2.8 卒業研究の手法だとどのような問題が起きるのか

卒論研究の手法の場合、本来あるはずの関節を切断し、ないものとして扱うものに対して運動方程式を計算するため、式上で切断した関節の駆動トルクを考慮できないという問題があります。

2.9 リンクを切断して距離を0にしていることがわからない

初めに訂正させて頂くと、リンクではなく関節を切断しています。閉リンク機構の関節を切断し、ツリータイプシステムと見なすことで、関連研究の手法を利用することを考えております。しかし、切断部分は本来はくっついているので拘束力を用いて距離を0にしております。

2.10 今後の課題はどのような指標で評価するのか

拘束条件を用いずに閉リンク機構のダイナミクスを計算した後、シミュレーションを作成し、今回発表したシミュレーションと比較することで評価しようと考えています。

2.11 シミュレーションが大丈夫なら(今後の)方程式を立式するのは容易ではないのか

ツリータイプシステムのダイナミクスを導出する際に扱うChain行列は、対象のシステムの関節とリンクが1対1の関係を持っている必要となります。閉リンク機構を含んだシステムというのは、その関係が崩れるので、容易にダイナミクスを導出することはできないと思われます。

2.12 ワークスペース制御とはなんですか

ワークスペース制御とは、あるリンクの先端位置や物体の位置・姿勢といった、主に位置に関する制御を行うものをいいます。

2.13 閉公式というのはどのような式なのか

従来の研究では運動方程式は漸化式のように、 k 番目のリンクの情報は $k-1$ 番目の情報を代入し計算、同様に $k-1$ 番目は $k-2$ 番目を代入といったように代入を繰り返して計算します。これに対して、Exponential coordinates では 1 つ式で計算でき、これを閉公式と表現しています。